

# NACIONES UNIDAS



## CONSEJO ECONOMICO Y SOCIAL



Distr.  
RESTRINGIDA /  
LC/MEX/R.23  
18 de diciembre de 1985  
ORIGINAL: ESPAÑOL

C E P A L

Comisión Económica para América Latina y el Caribe



COOPERACION TECNICA HORIZONTAL PARA LAS EMPRESAS  
ELECTRICAS DEL ISTMO CENTROAMERICANO

Programa de actividades para 1986.  
Primer semestre

## PRESENTACION

Las empresas eléctricas del Istmo Centroamericano han considerado recomendable que, previo a la realización del Programa de Actividades Regionales en el Subsector Eléctrico (PARSEICA), su personal técnico obtenga un conocimiento detallado de las metodologías que en él habrán de utilizarse, tanto a nivel de sus bases conceptuales como de sus características y posibilidades de aplicación. Se estimó asimismo que la manera más efectiva para promover ese conocimiento sería mediante actividades de cooperación técnica horizontal.

Se acordó que para las cooperaciones técnicas se procuraría obtener el apoyo de organismos o empresas que tuvieran amplia experiencia en la materia, contaran con sistemas eléctricos semejantes a los de la región y enfrentaran problemas similares a los existentes en el Istmo. También se aprobó que para lograr una mayor transferencia de conocimientos, las cooperaciones técnicas se estructuraran con una parte teórica y otra práctica y en esta última se analizaran situaciones reales de los sistemas eléctricos nacionales e interconectados del Istmo.

En este documento se presentan las ocho cooperaciones técnicas que se concluyó sería conveniente realizar previamente al PARSEICA. Cinco de ellas tienen que ver con análisis de sistemas eléctricos. Considerando la experiencia que ha adquirido la Comisión Federal de Electricidad (CFE) de México, así como las herramientas de simulación con que cuenta y la excelente disposición de apoyo a las empresas eléctricas del Istmo, se propone que se realicen en México las siguientes actividades de cooperación técnica horizontal:

- i) Análisis de Sistemas Eléctricos, ii) Control de voltaje y potencia reactiva, iii) Control de potencia activa-frecuencia, iv) Estabilidad de sistemas eléctricos y v) Modelo para el desarrollo de la transmisión. Se utilizaría para ello las herramientas de simulación digital de que dispone el Centro Nacional de Control de Energía de la CFE.

## I. ANTECEDENTES

Durante la Novena Reunión del Grupo Regional sobre Interconexión Eléctrica (GRIE), realizada en la ciudad de México del 21 al 23 de agosto de 1985, se puso de manifiesto la conveniencia de uniformar, en la medida de lo posible, el conocimiento del personal profesional de operación y planificación de las empresas eléctricas del Istmo Centroamericano con respecto a las metodologías y enfoques comprendidos en los dos componentes del Programa de Actividades Regionales del Subsector Eléctrico del Istmo Centroamericano (PARSEICA). Ello con el fin de que las seis empresas eléctricas que intervienen en el Programa alcancen, simultáneamente y con esfuerzos similares, las metas en él establecidas.

Con el propósito anterior, las empresas eléctricas interesadas encomendaron a la Subsede en México de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) que, de común acuerdo con ellas, definiera las actividades que sería recomendable abordar previamente al inicio del PARSEICA y que adelantase gestiones para conseguir el apoyo necesario para su realización. Del intercambio de impresiones efectuado durante la Novena Reunión del GRIE y mediante tres misiones de seguimiento al PARSEICA con el personal responsable de las áreas de operación y planificación en las empresas, se llegó a la conclusión de que resultaba muy conveniente realizar, previo al Programa, las siguientes actividades: a) recopilar, validar y procesar en computadora datos para estudios eléctricos de operación y planificación; los datos incluirían características y parámetros de transformadores, líneas de transmisión, generadores y subsistemas de control de voltaje y velocidad. Esta información permitirá establecer una base de datos preliminar a nivel regional, útil para estudios puntuales, capacitación en metodologías de operación y planificación y eventualmente para el propio PARSEICA. Esta información se deberá revisar exhaustivamente y será responsabilidad de cada empresa la verificación y validación, en su caso, de la información correspondiente a su sistema eléctrico nacional; b) selección del equipo de cómputo incluyendo dimensionamiento, modalidad y cantidad, así como el software requerido. Se

tomará en cuenta las exigencias de memoria y tiempo de respuesta de la metodología ERICA -incluyendo modelos adicionales actualmente bajo estudio- y la alta disponibilidad y tiempo de respuesta rápida indispensable en operación. Asimismo, se tomarán en cuenta las facilidades de mantenimiento disponibles en la región; c) estudios de apoyo puntual CFE-CEPAL a las empresas eléctricas del Istmo. Con el fin de realizar estudios para analizar las condiciones de operación actuales o futuras de los sistemas eléctricos del Istmo que lo requieran, durante la Novena Reunión del GRIE se recomendó a la Subsede de la CEPAL en México que gestionase ante la Comisión Federal de Electricidad el apoyo técnico para dichos estudios. Los estudios de apoyo puntual, además de solucionar el problema específico para el cual se soliciten, redundarán en un primer entrenamiento sobre análisis de seguridad operativa por tenerse contemplado que se realizarán con este enfoque, y d) cooperaciones técnicas sobre tópicos de seguridad operativa y de planificación. A la luz del intercambio de impresiones con los personaleros de operación y planificación de las empresas eléctricas del Istmo Centroamericano, se ha acordado en principio realizar ocho cooperaciones técnicas en el orden y con la duración que se presentan en el cuadro adjunto. Estas cooperaciones se han programado para realizarlas a lo largo de un año, dos por trimestre: una de operación y una de planificación.

Las cooperaciones técnicas con sede en México se basan en que la Comisión Federal de Electricidad (CFE), a través de la Subdirección de Operación, ha expresado en principio su anuencia para que se utilicen las instalaciones y recursos de computación del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) para las prácticas. Cabe mencionar que la CFE ya empezó a prestar apoyo a las empresas eléctricas del Istmo mediante la realización de un estudio sobre la operación interconectada de Costa Rica con Panamá que efectuaron técnicos de ambas empresas eléctricas con la asesoría de la CFE y de la CEPAL en las instalaciones del CENACE. Dicho estudio se ubica dentro del inciso c), de apoyo puntual, ya mencionado.

Posteriormente, en el informe que la secretaría de la CEPAL someterá a la consideración de la Décima Reunión del GRIE, que se llevará a cabo en fecha próxima, se describirán las gestiones y los resultados obtenidos en relación con las actividades previas al PARSEICA comprendidas en los incisos a), b) y c) descritos en párrafos anteriores.

COOPERACIONES TECNICAS A REALIZAR PREVIAMENTE AL PARSEICA

Cooperación técnica	Duración (semanas)	Fecha	País sede
<u>Operación mejorada</u>			
Análisis de sistemas eléctricos	2		México
Control de voltaje y potencia reactiva	2		México
Control de potencia activa-frecuencia	2		México
Estabilidad de sistemas eléctricos	2		México
<u>Planificación del desarrollo eléctrico</u>			
Modelo para el desarrollo de la transmisión	1		México
Modelo para el desarrollo del mercado	1		Costa Rica
Simulación optimizada de la operación	2		
Modelos MGI y WASP	2		

## II. BASES DE LAS COOPERACIONES TECNICAS HORIZONTALES

Los sistemas de energía eléctrica con una estructura débil están expuestos continuamente a situaciones de disturbio para las que es necesario tomar decisiones en operación y planificación a fin de mejorar su seguridad operativa actual o futura. La evaluación de la seguridad en un sistema de potencia eléctrica debe realizarse con un enfoque global de manera de obtener el comportamiento real del sistema ante perturbaciones y determinar las limitaciones para operar con un margen de seguridad aceptable. En general, se deberá evaluar el comportamiento dinámico y en estado estable del sistema eléctrico ante contingencias. El análisis preventivo es una actividad necesaria e importante -que debe efectuarse sistemáticamente en la planificación y la operación- para anticipar los efectos de contingencias y determinar los refuerzos a la red, diseñar controles suplementarios o definir maniobras operativas, todo con el fin de reducir la inseguridad del sistema eléctrico futuro o actual.

En el caso de los sistemas eléctricos nacionales, y primordialmente en los interconectados del Istmo Centroamericano, su estructura longitudinal los hace especialmente sensibles a problemas de voltaje y estabilidad transitoria y dinámica. Es preciso, por lo tanto, que el personal técnico de operación y planificación de dichos sistemas comprenda fenómenos más complejos a fin de seleccionar las mejores alternativas de solución para problemas de diseño y operación. En el caso general, la preparación técnica del personal de operación y planificación y su conocimiento del sistema de potencia es de gran importancia para concretar las medidas de seguridad de éste. Las herramientas de computación para respaldar las decisiones en planificación y operación constituyen un requerimiento básico para la determinación de acciones preventivas en el sistema y su complemento ideal es la capacitación técnica del personal profesional que permita tomar decisiones correctas en los momentos apropiados. La capacitación del personal es un proceso que debe evolucionar con el desarrollo de los sistemas, ya que generalmente los problemas y sus causas cambian con el crecimiento y la integración de los mismos. Por otro lado, los movimientos normales del personal exigen de un entrenamiento constante para suplir los cambios y retiros del personal.

Las cooperaciones técnicas horizontales representan una transferencia organizada de conocimiento y experiencias. Es muy recomendable que el personal técnico de las empresas eléctricas interesadas que asista a las cooperaciones técnicas conozca las características del sistema eléctrico nacional correspondiente, tenga experiencia en operación o planificación y, de preferencia, ocupe una posición en la empresa eléctrica que le permita promover la aplicación de los conocimientos adquiridos que él considere de mayor utilidad para su empresa. Asimismo, conviene que dicho personal cuente con capacidad de estudio y tenga facilidad de exposición para que aproveche al máximo y se convierta en un elemento multiplicador que participaría a su vez en seminarios de capacitación del personal de su respectiva empresa.

Para cada cooperación técnica se elaborará un texto ad hoc con rigor técnico y habrá formalidad en la exposición. Para ello es necesario nombrar, al menos con dos meses de anticipación, a los expositores, quienes se seleccionarán cuidadosamente tomando en cuenta su preparación, experiencia y facilidad de exposición. Para la supervisión académica se nombrará a uno de los expositores como "Coordinador Académico" el cual estará presente en todas las exposiciones de la cooperación técnica a su cargo y brindará apoyo de consulta a los asistentes en horas fuera de exposición.

Se recomienda que a las cuatro cooperaciones técnicas de operación mejorada y a la del Modelo para el desarrollo de la transmisión (véase el cuadro anterior) asista personal de operación y planificación. Se considera que el trabajo mancomunado de ambas especialidades redundará en una interacción muy positiva, para éstas en particular y para la empresa eléctrica en general.

En cada cooperación técnica se dedicará un mínimo del 30% a prácticas con simulación digital y ejercicios dirigidos por expositores. Los asistentes podrán plantear casos reales que les interese analizar, pudiendo representar condiciones de operación actuales y futuras así como algún disturbio reciente. Otra característica de las cooperaciones técnicas es que, con el fin de concentrar la atención de los participantes y reafirmar los conocimientos adquiridos, se realizará una evaluación técnica de cada una de ellas. En términos



generales, la evaluación comprenderá una sección de preguntas conceptuales con respuestas cortas y una parte de análisis y cálculos. Las cooperaciones técnicas están diseñadas sobre la base de que los participantes les dedicarán tiempo completo. Además, se dejará trabajo extra-exposición en forma de cuestionarios para ser resueltos por los participantes. Los cuestionarios serán diseñados para orientar el mayor esfuerzo de estudio y análisis a los conceptos y elementos más relevantes de la cooperación correspondiente.

TEMARIOS DETALLADOS Y CALENDARIO DE TRABAJOS PARA LAS PRIMERAS  
TRES COOPERACIONES TECNICAS: DOS DE OPERACION MEJORADA Y  
UNA DE PLANIFICACION DEL DESARROLLO ELECTRICO

# CALENDARIO DE ACTIVIDADES PARA LA COOPERACION TECNICA DEL MODELO PARA EL DESARROLLO DE LA TRANSMISION

DEL 10 AL 15 DE MARZO, 1986

	L U N E S	M A R T E S	M I E R C O L E S	J U E V E S	V I E R N E S
8:30	Compensación de redes de transmisión.	Compensadores estáticos de Vars. (CEV's)	Modelos interactivos para el desarrollo de la transmisión.	Controles suplementarios para mejorar la utilización de las redes de transmisión.	Evaluación económica de alternativas. Continuación.
10:30					
11:00	R E C E S O				
12:30	Criterios utilizados para definir la expansión de la red de transmisión.	Capacitores serie.	La relación soporte de voltaje-estabilidad.	Análisis de casos reales.	Mesa redonda para discutir especificaciones del modelo para el desarrollo de la transmisión.
14:30	C O M I D A				
16:00	Compensación en zonas de carga.	Análisis comparativo de CEV's vs capacitores serie.	Importancia de la localización de las fuentes de reactivos.	Evaluación económica de alternativas de refuerzos a la red de transmisión.	Evaluación técnica y clausura de la operación técnica.
16:30	R E C E S O				
18:00	Práctica con simulación digital.	Práctica con simulación digital.	Práctica con simulación digital.	Práctica con simulación digital.	

# CALENDARIO DE ACTIVIDADES PARA LA COOPERACION TECNICA SOBRE ANALISIS DE SISTEMAS ELECTRICOS

DEL 7 AL 18 DE ABRIL 1986

	L U N E S	M A R T E S	M I E R C O L E S	J U E V E S	V I E R N E S
8:30	Modelado de componentes .	Análisis nodal de sistemas eléctricos.	Características de sistemas eléctricos longitudinales. Continuación.	Análisis de fallas paralelo desbalanceadas, sistema balanceado.	Formulación del problema de flujos de potencia.
10:30					
11:00					
	Modelado de componentes. Continuación.	Análisis nodal de sistemas eléctricos. Continuación.	Análisis de fallas balanceadas, sistema balanceado.	Análisis de fallas serie desbalanceadas, sistema balanceado.	Sesión de repaso y aclaración de dudas.
12:30					
14:30					
	Efecto de cambios de derivación de transformadores.	Características de sistemas eléctricos longitudinales.	Ejercicios guiados.	Ejercicios guiados	Práctica con simulación digital
16:00					
16:30					
	Ejercicios guiados.	Práctica con simulación digital.	Práctica con simulación digital.	Práctica con simulación digital.	Práctica con simulación digital.
18:00					

CALENDARIO DE ACTIVIDADES PARA LA COOPERACION TECNICA SOBRE ANALISIS DE SISTEMAS ELECTRICOS

DEL 7 AL 18 DE ABRIL 1986. CONTINUACION.

	L U N E S	M A R T E S	M I E R C O L E S	J U E V E S	V I E R N E S
8:30	Modelos de fuentes de reactivos en estudios de flujos.	Método desacoplado rápido para la solución de flujos de potencia.	Método de sensibilidad lineal para voltaje-potencia reactiva.	Evaluación de seguridad en estado estable	Integración conceptual del curso y mesa redonda.
10:30					
11:00	R E C E S O				
12:30	Método de Newton Raphson para la solución de flujos de potencia.	Análisis de sensibilidad.	Evaluación de límites de transmisión.	Equivalentes para estudios de flujos de potencia.	Evaluación técnica y clausura de la cooperación técnica.
14:30	C O M I D A				
16:00	Ejercicios guiados.	Análisis de sensibilidad. Continuación	Análisis de continuencias.	Equivalentes para estudios de flujos de potencia. Continuación.	
16:30	R E C E S O				
18:00	Práctica con simulación digital.	Práctica con simulación digital.	Práctica con simulación digital.	Práctica con simulación digital.	

CALENDARIO DE ACTIVIDADES PARA LA COOPERACION TECNICA DE CONTROL DE VOLTAJE Y POTENCIA REACTIVA

DEL 7 AL 18 DE JULIO 1986

L U N E S		M A R T E S	M I E R C O L E S	J U E V E S	V I E R N E S
8:30	Modelado de componentes.	Análisis de sensibilidad Q-V. Continuación.	Máquina síncrona -curva de capacidad- Continuación.	Cargabilidad de redes de transmisión. Continuación.	Subsistemas del control de excitación. Continuación.
10:30					
11:00					
	Modelado de componentes. Continuación.	Máquina síncrona -curva de capacidad	Metodología para determinar experimentalmente la curva de capacidad.	Influencia del suministro de reactivos en la cargabilidad.	Sesión de repaso y de aclaración de dudas.
12:30					
14:30					
	Análisis de sensibilidad Q-V.	Ejercicios guiados.	Cargabilidad de redes de transmisión	Subsistemas del control de excitación	Práctica con simulación digital.
16:00					
16:30					
	Práctica con simulación digital.	Práctica con simulación digital.	Práctica con simulación digital.	Práctica con simulación digital.	Práctica con simulación digital.
18:00					

CALENDARIO DE ACTIVIDADES PARA LA COOPERACION TECNICA DE CONTROL DE VOLTAJE Y POTENCIA REACTIVA

DEL 7 AL 18 DE JULIO 1986. CONTINUACION.

	L U N E S	M A R T E S	M I E R C O L E S	J U E V E S	V I E R N E S
8:30	Compensadores estáticos de Vars. Configuración y principios de operación.	Capacitores serie.	La relación soporte de voltaje-estabilidad.	Coordinación de los recursos para el control de voltaje.	Integración conceptual de la cooperación y mesa redonda.
10:30					
11:00	R E C E S O				
12:30	Casos de aplicación de CEV's.	Comparación técnica de CEV's vs capacitores serie.	La relación soporte de voltaje-estabilidad. Continuación.	Coordinación de los recursos para el control de voltaje. Continuación.	Evaluación técnica y clausura de la cooperación técnica.
14:30	C O M I D A				
16:00	Ejercicios guiados.	Importancia de la localización de las fuentes de reactivos	Ejercicios guiados.	Ejercicios guiados.	
16:30	R E C E S O				
18:00	Práctica con simulación digital.	Práctica con simulación digital.	Práctica con simulación digital.	Práctica con simulación digital.	